



Contexte théorique de la notion de discontinuité géographique

Jean-Christophe François

► To cite this version:

Jean-Christophe François. Contexte théorique de la notion de discontinuité géographique. Cybergeog : Revue européenne de géographie / European journal of geography, 2002, 214, revue électronique pas de pagination?. halshs-00164542

HAL Id: halshs-00164542

<https://shs.hal.science/halshs-00164542>

Submitted on 6 Aug 2007

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Ressemblances et proximités : un point de vue sur le contexte théorique de la notion de discontinuité géographique

Likeness, proximity and geographical discontinuity

J.C. François

jc.francois@parisgeo.cnrs.fr

CNRS-UMR 8504

(texte établi d'après une communication au séminaire externe de l'équipe P.A.R.I.S., UMR Géographie-cités, décembre 2000)

Résumé : On propose d'étudier les notions de ressemblance et de proximité dans la perspective de l'analyse des discontinuités géographiques, aussi bien dans le cas d'un espace discret (maillé) que dans le cas d'un espace continu. On voit tout d'abord qu'il n'est pas possible d'isoler la notion de ressemblance de celle de proximité. En effet, la ressemblance peut être spatiale et/ou sociale; de plus, la structure sociale des agrégats étudiés influence leur proximité, tandis que, réciproquement, la proximité influence non seulement les structures, mais aussi les flux. Pour mesurer la ressemblance entre lieux voisins, on retient d'une part l'analyse des couples de lieux, et, d'autre part, une méthode de lissage permettant le calcul d'un indice d'hétérogénéité orientée précieux pour mettre en évidence les discontinuités. La discontinuité géographique, plus ou moins sensible au temps et au changement de l'échelle d'observation sous ses diverses variantes (discontinuité structurelle, discontinuité d'organisation), est un objet d'étude important car la forme des discontinuités influence le devenir des systèmes spatiaux qu'elles circonscrivent.

Mots-clés : discontinuité, voisinage, lissage, structure spatiale

Likeness and proximity are studied in the particular context of geographical discontinuity, in both clustered (bounded) and continuous spaces. First, likeness and proximity are linked: likeness could be spatial and/or social; moreover, social structures influence proximities, and, conversely, proximity influence not only structures, but flows as well. Two options are available when measuring likeness of places at close range. One is couple-of-places-analysis; other is a particular smoothing method. This method allows computing a "heterogeneity vector" / "directed heterogeneity index", useful when mapping discontinuities. Despite existing varieties of geographical discontinuities are more or less sensitive to time and spatial scale change, morphology of discontinuities is an important matter: form of the discontinuity influences the development of the circumscribed system.

Key-words : discontinuity, proximity, smoothing, spatial structure

S'intéresser à la relation entre la proximité des lieux dans l'espace et l'intensité des flux échangés et des ressemblances entre les lieux n'a rien d'original : les travaux d'analyse spatiale n'ont cessé d'enrichir la notion d'autocorrélation spatiale et de développer les moyens de la mesurer. L'usage des variables de proximité, de similarité et d'appartenance a permis de proposer des indices distincts pour l'autocorrélation spatiale d'une part et l'autocorrélation territoriale d'autre part (Grasland, 1997). Confronté à ces questions dans le cadre de travaux empiriques sur l'espace scolaire de l'agglomération parisienne, il a paru nécessaire de renverser la problématique : Au lieu de prendre pour point de départ, comme il est d'usage, la ressemblance entre lieux voisins, la notion d'autocorrélation spatiale, on se propose d'examiner ici la question des relations entre ressemblances et proximités par l'autre bout, celui de la discontinuité géographique. On peut considérer que la discontinuité géographique correspond à une configuration spatiale particulière, celle où les lieux sont à la fois très proches et très dissemblables. Ce travail pourra sembler déséquilibré en ce qu'il mettra l'accent sur la notion de discontinuité, alors que les autres aspects du problème des relations entre ressemblance et proximité ne sont pas sans importance, loin s'en faut. Toutefois la notion de discontinuité peut mériter une attention particulière, dans la mesure où, si l'on en croit Hubert (1993) *"la connaissance des discontinuités est d'ordre transcendantal. Elle conditionne à priori tout savoir géographique."* Cette connaissance est longtemps restée embryonnaire, et il a fallu attendre la thèse complémentaire de R.Brunet (1965) pour que la notion de discontinuité fasse l'objet d'une véritable réflexion théorique. Depuis, C.Grasland, J.P.Hubert et J.C. Gay ont traité la question chacun avec ses propres préoccupations théoriques ou méthodologiques. Il ne s'agit pas ici de proposer une nouvelle définition (une telle ambition dépasserait largement le cadre d'un article comme celui-ci) mais plutôt de proposer une mise en perspective de la notion de discontinuité en la replaçant dans la problématique générale des relations entre ressemblances et proximités. A cet égard, cet article doit beaucoup aux travaux fondateurs de R.Brunet et aux travaux récents de C.Grasland. Les exemples seront tirés pour la plupart de travaux sur les fragmentations de l'espace scolaire de l'agglomération parisienne (François, 1995, 1998, 2001). Après avoir vu l'importance des relations entre les notions de ressemblance et de proximité, on présentera quelques aspects du problème de leur mesure afin d'introduire la notion de discontinuité.

Importance des relations entre ressemblance et proximité

De façon très banale, quand on observe les ressemblances entre les individus¹ étudiés, on peut considérer la ressemblance au regard d'un seul descripteur: c'est le problème de la discrétisation univariée². On peut également considérer simultanément la ressemblance dans plusieurs dimensions: on a alors à disposition des méthodes de classification aux algorithmes plus ou moins complexes – la plus usitée en géographie étant probablement la Classification Ascendante Hiérarchique. Les individus peuvent être, dans tous les cas, décrits par des variables discrètes ou continues³.

La proximité spatiale peut se mesurer de différentes manières. Dans un espace maillé, "espace discret" si l'on préfère, on utilisera une distance topologique basée sur la contiguïté (en se limitant le plus souvent à la contiguïté d'ordre un). Dans un espace continu, on aura le choix entre des mesures très différentes : la «distance à vol d'oiseau», une "distance-temps", une "distance perçue"... Il faut noter que l'observation des proximités n'implique pas de se limiter nécessairement à une mesure univariée : on peut très bien par exemple utiliser une mesure de l'accessibilité combinant plusieurs "distances" différentes (Cattan, 1992).

Si l'on essaye de résumer ceci dans un petit tableau, on obtient :

	Ressemblance	Proximité
Discret ressemblance ou		

proximité réalisée possible	Appartenance commune (classe sociale, religion) Personnes dans un réseau social	Appartenance à un même territoire ⁴ Lieux reliés par une voie de communication
Continu	Age, revenu...	Fonctions continues de la distance

Tableau 1.

Chacune de ces cases est intéressante, mais peut-on maintenir ce cadre si l'on observe l'intersection entre la notion de ressemblance et celle de proximité ?

On peut d'abord remarquer que la notion de ressemblance peut transcender la distinction entre social et spatial.

En effet, la ressemblance entre deux espaces peut être non pas dans la structure de leurs populations mais dans la ressemblance de leurs organisations spatiales internes respectives. Ainsi peut-on par exemple classer des espaces selon la forme de leurs réseaux urbains respectifs. On casse alors complètement le cadre proposé figure 1. Il en va de même si l'on considère le fonctionnement interne des systèmes examinés, par exemple en observant les logiques des flux à l'intérieur des deux espaces. Au sein de l'espace scolaire de l'agglomération parisienne coexistent deux espaces bien différenciés, que l'on peut désigner respectivement comme espace de réussite et espace d'échec. Dans ces deux espaces, les pratiques d'évitement sont importantes, mais les flux d'élèves ou d'enseignants concernés obéissent dans chacun d'eux à des logiques radicalement différentes. A l'espace "de réussite" correspond un évitement "positif": on désire accéder à un lieu précis de l'espace à cause de ses avantages relatifs réels ou supposés. Les flux observés tendent donc à converger vers certains points de l'espace - des pôles attractifs. A l'espace "d'échec", au contraire, correspond la logique de l'évitement négatif: peu importe la destination, l'essentiel est de fuir une zone. Les flux observés tendent donc à diverger en bordure de cet espace et à prendre des formes chaotiques à l'intérieur. On voit que ce qui fait la cohérence interne de ces espaces, tout autant que ce qui les différencie, transcende la distinction établie à priori entre le social et le spatial.

La structure interne des agrégats étudiés influence leur proximité.

Prenons l'exemple d'un problème en apparence assez simple, celui de la mesure de la «distance-temps» entre communes dans une grande agglomération. On conçoit qu'il est nécessaire de prendre en compte plusieurs modes de transport. Dans un tel cas, on s'intéresse, implicitement ou explicitement, aux habitants : on veut une évaluation du temps passé par un habitant de telle commune pour rejoindre telle autre. Or, il est extrêmement peu probable que les sous populations qui composent la commune aient un accès égal aux différents moyens de transport : l'âge et le revenu par exemple seront certainement discriminants. On voit que la structure de la population des communes va exercer une influence directe sur la proximité mesurée, toutes choses égales quant au réseau de transport. De la même façon, la probabilité ou la possibilité même de contact entre deux lieux peut être liée fortement à leur structure (à leur composition linguistique par exemple). Dans le cas de deux territoires voisins où l'on parle deux langues différentes, le nombre de mariages va être inférieur à ce à quoi on pourrait s'attendre en fonction de la faible distance. On parle alors de "barrière linguistique"⁵.

Influence de la proximité sur la ressemblance des individus: les effets de voisinage

On peut aller plus loin, et s'intéresser non seulement à l'influence de la structure (sociale ou spatiale) des lieux sur la distance, mais aussi à l'influence de la proximité sur la ressemblance des individus. On suppose alors que tout se passe comme s'il existait entre les lieux une fonction d'interaction spatiale décroissant avec la distance. Parmi les causes qui vont faire que des lieux deviennent de plus en plus différents ou de plus en plus ressemblants, la proximité joue un rôle important. Parmi ces processus de différenciation (ou d'homogénéisation) spatiale, on peut distinguer d'une part les processus internes aux lieux et d'autre part les flux entre les lieux. Ainsi par exemple, si l'on décrit des états par leur population, on pourra considérer les processus internes (évolution de la fécondité par exemple) et/ou les flux (migrations internationales par exemple). Mais on risque d'oublier alors une part importante des processus de différenciation possibles si l'on ne s'intéresse pas plus largement aux effets de voisinage en général. On peut appeler effet de voisinage ce qui, dans le fonctionnement d'un espace (système, sous-système, lieu élémentaire) relève non pas de sa structure interne (sociale et spatiale) mais de son environnement immédiat (structures sociales et structures spatiales avoisinantes, formes prises par les relations avec et entre les voisins). Cet environnement immédiat, c'est le voisinage pris en compte. Le voisinage peut être une partie d'un espace discret (une maille ou un ensemble de mailles), mais ce peut être aussi, dans un espace continu (non maillé) un sous-espace où l'interaction spatiale décroît : tout se passe alors comme s'il y avait une fonction d'interaction spatiale définie en continu, celle-ci pouvant décroître régulièrement ou non⁶. En ce sens, le voisinage peut éventuellement ne pas avoir de limites précises, si la fonction d'interaction spatiale tend asymptotiquement vers zéro sans jamais l'atteindre. Il est toutefois possible de considérer que la limite du voisinage correspond à un seuil précis – par exemple, l'endroit où la fonction d'interaction spatiale tombe en deçà d'une valeur donnée.

Appréhender les relations entre les lieux en termes de voisinage permet en outre de tenir compte de l'effet d'absorption spatiale : si elle a lieu à faible distance, (dans un espace discret, on dira: dans une même maille ou dans une maille contiguë), une faible perturbation aura des effets non négligeables. Réciproquement, seules les perturbations les plus importantes auront des effets à longue portée. Attention : il ne faut pas oublier que la portée et l'ampleur des effets dépendent également de la structure sociale. Ainsi par exemple dans l'espace scolaire, tout se passe comme si des «capteurs sensoriels» agissaient à plus longue portée pour les familles les plus favorisées, qui sont aussi les plus mobiles. Elles ont une bonne connaissance de l'espace scolaire et une facilité de déplacement qui leur permettent de développer des stratégies à très longue portée. Dans le cadre de l'agglomération parisienne, une légère variation de l'offre scolaire peut être prise en compte quelle que soit la distance par une minorité de familles privilégiées. Inversement, certaines familles défavorisées sont à la fois dépourvues des connaissances sur l'espace scolaire et des moyens matériels de la mobilité : une forte variation de l'offre scolaire, même à faible distance, sera sur elles sans effet. Il faut donc veiller à prendre en compte simultanément proximité spatiale et structure sociale, tout en sachant faire la part de l'une et de l'autre. En somme les effets de voisinage sont multiples, agissant à la fois sur les structures et sur les flux.

Les effets de voisinage se manifestent sur les structures

L'hétérogénéité locale va influencer la différenciation locale entre les lieux. Au sein d'un espace donné, le processus qui conduit à l'émergence d'un pôle et l'homogénéisation du reste de l'espace est un exemple de ces jeux multiples des acteurs avec les complémentarités ou concurrences spatiales. Dans l'espace scolaire parisien, plus précisément dans le quart nord-

est de l'agglomération, s'est produit un changement spectaculaire entre 1982 et 1987 : on a vu l'éclosion de petits pôles d'avance disséminés dans tout l'est de la Seine-Saint-Denis, toujours centrés sur des zones à dominante pavillonnaire. Dès 1992 la plupart des petits pôles décelés en 1987 sont effacés et la moitié de l'avance scolaire du département de Seine-Saint-Denis se trouve concentrée en un seul collège. Le processus de concentration spatiale de l'avance dans cette région ne peut être compris qu'en prenant en compte le contexte de rareté de l'avance dans le nord-est parisien. Dans ce contexte spatial d'avance scolaire faible, les quelques élèves en avance se sentent des oiseaux rares dans l'établissement. Il s'agit pour l'essentiel d'enfants de populations "pionnières" de l'embourgeoisement récemment installées dans le secteur. Aussi ces élèves ne sont-ils pas assez nombreux pour influencer le contenu des enseignements, ni pour justifier que soient proposées dans le collège certaines options rares et qualifiantes. Les familles de ces élèves craignent (à tort d'après la plupart des auteurs), un effet de contexte négatif tant que l'ambiance de l'établissement n'est pas modifiée jusqu'à un certain point. Or, il existe dans ce secteur de l'agglomération un seul pôle disposant d'une masse critique d'avance suffisante pour que «l'ambiance» et/ou le fonctionnement de l'établissement en soient notablement affectés. Faute d'atteindre une certaine masse critique d'avance, les autres petits pôles disparaissent, ou plus exactement sont aspirés, via le jeu des transgressions à la carte scolaire, par le pôle stable principal.

Les effets de voisinage se manifestent également sur les flux,

sur leur volume, leur portée, leur destination, leur degré de contrôle par l'organisme régulateur. Ainsi une forte hétérogénéité spatiale locale va favoriser à courte distance un volume important des flux entre les lieux en diminuant la portée moyenne des flux : les flux à longue distance sont moins souvent utiles quand l'environnement immédiat autorise de par sa diversité un grand volume d'échanges. L'homogénéité spatiale, quant à elle, va généralement inhiber les flux. On peut aussi observer parfois des dynamiques de flux circulaires à l'intérieur de sous-ensembles spatiaux homogènes. C'est précisément le cas des flux d'élèves bénéficiant d'une dérogation à l'entrée en sixième. Les zones où la circulation des élèves entre collèges est facile sont très différentes par la structure (composition sociale et retard scolaire) mais elles ont en commun une forte homogénéité interne. C'est donc à l'intérieur de sous-ensembles spatiaux homogènes qu'il est le plus facile de déroger, et ce quelles que soient les caractéristiques socio-scolaires de ces espaces. On voit que c'est ici l'organisation spatiale du voisinage qui produit un certain type d'organisation des flux.

Quelques options possibles pour la mesure des ressemblances entre lieux voisins

Ces relations nombreuses et complexes entre ressemblances et proximités réclament des méthodes de mesure précises et différenciées. On n'abordera pas ici l'auto corrélation spatiale dont les différents coefficients disponibles (Moran, Geary) donnent une mesure globale de l'intensité de la relation entre la proximité des lieux et leur degré de ressemblance ; on se focalisera d'abord sur la ressemblance pour s'interroger ensuite sur les configurations spatiales. La mesure des ressemblances peut se faire non seulement sur des couples, mais aussi sur des ensembles pouvant contenir de nombreux éléments. Le problème de la mesure se pose en termes un peu différents selon que ces couples et ces ensembles sont formés de lieux ou simplement d'individus spatialisés.

Dans le cas des couples d'individus spatialisés,

on peut faire une mesure portant sur un lieu particulier ou sur tous les lieux de l'espace étudié. Si l'on s'intéresse à la ségrégation, on peut mesurer la mixité par la co-présence des

individus (personnes) ressemblants en un même lieu (avant éventuellement de faire la moyenne de ces mesures pour la série constituée par l'ensemble des lieux). On peut également utiliser une mesure qui embrasse en même temps tous les lieux étudiés. On s'attachera alors à mesurer la distance entre alter ego. Par exemple, on cherchera dans l'espace scolaire parisien à connaître le rapport entre la distance moyenne entre deux élèves d'origine étrangère et la distance moyenne entre deux élèves quelconques. On peut aussi prendre en compte la distance entre individus (personnes) appartenant à des groupes différents (élèves d'origine étrangère et élèves d'origine française par exemple). Toutefois cette famille de mesures⁷ présente un inconvénient majeur: elle ne permet pas de contrôler l'effet des configurations spatiales. Deux sous-populations également concentrées dans l'espace vont donner lieu à des résultats différents suivant que leur position est centrale ou périphérique (la proximité avec tous les autres individus étant alors par construction très grande dans le premier cas et très faible dans le second).

Ensembles d'éléments spatialisés : classifications et régionalisation dans un espace discret

Quand il s'agit de définir des agrégats de lieux proches et ressemblants, des régions homogènes, les limites des méthodes classiques de classification utilisées en géographie sont bien connues: elles prennent en compte des attributs décrivant des éléments localisés, mais n'intègrent pas l'espace dans l'algorithme de classification. La dimension spatiale n'apparaît qu'à posteriori, lors de la cartographie des résultats. C'est ce que relève J. Charre (1995) *"Pour l'étude des structures spatiales, on se trouve donc aussi démunie avec l'analyse des données qu'avec la statistique monovariée. La cartographie des variables obtenues apparaît comme le seul moyen d'introduire la dimension spatiale. C'est la conséquence logique d'un espace considéré à travers le contenu de ses éléments, sans prendre en compte les localisations. L'analyse quantitative n'est alors qu'une préparation au commentaire d'une ou plusieurs cartes construites plus ou moins "savamment". Avec l'analyse des données, le caractère savant est manifeste, la performance technique est parfois impressionnante, les phénomènes étudiés sont d'une complexité inimaginable sans le recours à l'informatique, mais les structures spatiales sont systématiquement occultées le temps du traitement."* Il est possible d'introduire le voisinage spatial dans l'algorithme de classification sous la forme d'une contrainte de contiguïté ou de variables dites "de localisation" (les coordonnées géographiques des éléments, une distance au centre...). Ce type de solution présente toutefois un inconvénient majeur quand il s'agit de rechercher les formes de transitions spatiales entre «régions»: on fait implicitement une hypothèse très forte en postulant qu'il existe des régions homogènes. On influence donc fortement le résultat, risquant produire une carte qui masque les discontinuités spatiales les plus importantes. Une solution alternative consiste à procéder en deux temps. En repérant d'abord des "noyaux" spatialement et structurellement cohérents, on peut construire une "règle" statistique décrivant correctement les critères d'appartenance des éléments à ces noyaux. On peut vérifier ensuite, pour chaque élément de l'espace étudié, sa ressemblance avec le profil des noyaux (François, 1995; Aschan, 1998). La proximité spatiale est alors utilisée seulement lors de la phase initiale de l'analyse, pour constituer les noyaux. Il est donc théoriquement possible d'obtenir à l'issue du traitement une carte montrant un espace totalement hétérogène: le risque d'artefact lié à la méthode précédemment évoquée est minimisé.

L'analyse des couples de lieux

est une approche prometteuse pour saisir les liens entre ressemblances et proximités. C.Grasland a proposé et mis au point de nombreuses méthodes. On s'est d'abord interrogé sur les flux. En ce qui concerne les flux, le rôle de la distance dans le volume des échanges est

bien connu: le modèle gravitaire et ses nombreuses variantes ont fait l'objet d'une abondante littérature. Poser la question des relations entre ressemblances et proximités permet de progresser dans l'explication des résidus à ce modèle gravitaire⁸. Grâce à des modèles poissonniens (Robert, 1997; Grasland & Potrikowska, 2001), on peut dépasser la simple mesure des flux échangés pour isoler la part respective de chacune de leurs composantes explicatives en connaissant les attributs des lieux (masse, distance, appartenance à une même maille, structure sociale...).

On peut également s'intéresser à la ressemblance des lieux pris deux à deux. Il s'agit alors de mesurer des similarités – ou des dissimilarités- associées à des couples de lieux. On peut alors représenter différemment les unes ou les autres: les similarités seront cartographiées sous la forme de liens reliant des lieux voisins, tandis que les dissimilarités seront représentées par un figuré associé aux segments de contact entre mailles contiguës. En mettant l'accent sur les dissimilarités, on va tenter de représenter le fractionnement de l'espace. On peut employer pour cela une mesure univariée: dans le cas le plus simple, il s'agit de la différence brute entre les valeurs observées pour deux lieux voisins (dissimilarité absolue). On peut relativiser cette mesure en la divisant par la somme des valeurs observées dans les deux lieux concernés (dissimilarité relative) ou encore la raffiner de diverses manières (Grasland, 1997). Il est possible également, moyennant certaines précautions, de construire une mesure multidimensionnelle de ces dissimilarités associées aux segments de contact (François, 1995).

Mesure des ressemblances et proximités dans le cadre d'un ensemble de lieux

Dans le cas où l'on souhaite observer les dissimilarités entre lieux voisins dans un espace continu, il n'est plus possible de se limiter à un couple de lieux contigus, puisque, par définition, un espace continu n'est pas divisé en unités spatiales élémentaires. Un lissage préalable est utile dans le cas où l'on étudie des phénomènes sociaux. En effet, les techniques d'interpolation, des plus simples comme la triangulation, aux plus perfectionnées, comme le krigeage développé par Matheron (1965), sont conçues pour les cas où la quantité représentée est connaissable en tout point de l'espace, telle la température ou la pression atmosphérique⁹. Les données sociales, en revanche, sont nécessairement limitées à certains points de l'espace seulement ; elles sont non connaisseables pour la presque totalité de l'espace étudié. Prenons l'exemple d'un tableau de données décrivant individuellement tous les habitants d'une ville par un ou plusieurs attributs; supposons que ces habitants soient localisés le plus précisément possible, à leur lieu de résidence. Même dans ce cas idyllique où aucun maillage administratif ne vient interférer, l'espace social demeure un espace «troué» : en de nombreux lieux, il n'y aura tout simplement pas d'habitants et la variable ne sera pas définie. Dès lors, au lieu de chercher à interpoler, à deviner la valeur prise par la variable étudiée en ces points de l'espace pour lesquels on ne dispose pas d'information, il est préférable de renoncer à représenter les valeurs exactes prises par la variable aux points d'observation pour recourir au lissage. Sur une carte lissée, en effet, on ne retrouve jamais les valeurs exactes aux points d'observation : le lissage consiste à définir un voisinage et à proposer, pour tout point de l'espace étudié, une valeur représentative des valeurs observées dans le voisinage¹⁰.

Parmi les différentes solutions possibles, le lissage par rapport de potentiels (Grasland et Mathian, 1993) donne de bons résultats¹¹. Il présente l'avantage de permettre le calcul en tout point de l'espace d'un «indice d'hétérogénéité orientée» qui, on le verra, est fort utile pour la mesure des discontinuités. Cette méthode s'apparente à la méthode des cercles mobiles proposée par Béguin (1979) qui consiste à déplacer aux points d'intersection d'une grille couvrant l'espace étudié un voisinage ayant la forme d'un cercle de rayon constant et à calculer en chacun de ces «points de mesure» la moyenne des valeurs observées pour les

«points d'observation» se trouvant à l'intérieur du voisinage circulaire considéré. Dans le cas d'une variable de rapport Z , il faut connaître les stocks V et P . On compte l'effectif de V dans le voisinage (par exemple, le nombre d'années de retard totalisées par les garçons de treize ans) et l'effectif de la population de référence P dans le voisinage (ici le nombre de garçons de treize ans scolarisés au collège) et on pose $Z=V/P$. L'inconvénient majeur est ici la sensibilité au positionnement de la grille de mesure, car on a du "tout ou rien": un point situé dans le cercle mais près du bord compte complètement, alors qu'un point situé non loin de lui juste en dehors du cercle ne compte pas du tout. La méthode développée par Grasland pallie cet inconvénient : elle consiste à utiliser une fonction dite «d'interaction spatiale» exprimant la décroissance des probabilités de relation entre les lieux –d'interaction spatiale - au fur et à mesure que l'on s'éloigne du centre du cercle de mesure. L'espace est donc couvert par une série de "voisinages" ressemblant plus ou moins à des cloches selon la fonction d'interaction spatiale retenue. La fonction d'interaction spatiale présentée ici (Fig. 2) est une exponentielle négative de la forme $f(d)=\exp(-a \cdot d^2)$ où « d » est la distance à vol d'oiseau et « a » indique la "portée" de la fonction d'interaction spatiale, c'est à dire la distance à laquelle la probabilité d'interaction tombe à 0.5.

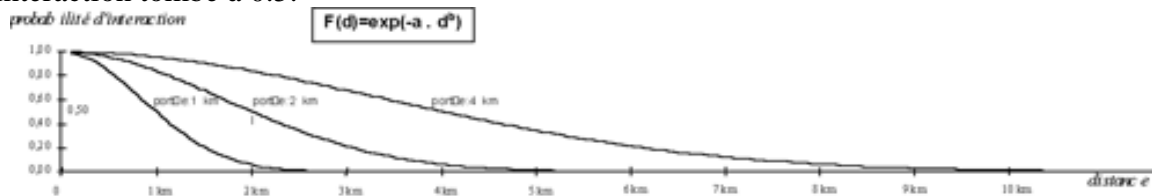


Fig 2 : Exemple de fonction d'interaction spatiale retenue pour le lissage

Avec une portée de 1 km, la probabilité d'interaction est donc de 0.5 à la distance de 1 km. On voit également que pour les cartes réalisées avec ce pas de lissage, un lieu (point d'observation) situé à plus de 2 km du point de mesure ne jouera pratiquement aucun rôle dans le calcul. En revanche, avec une portée de 4 km, un lieu situé à 6 km jouera encore un rôle non négligeable.

Cette méthode de lissage permet, une fois choisies une fonction d'interaction spatiale et sa portée, de calculer pour chaque point de mesure (fig.3) une moyenne "locale" dans laquelle chaque point d'observation est pondéré par sa distance au point de mesure. Dans cet exemple, les points d'observation sont les collèves et l'indicateur associé, le retard scolaire des garçons de treize ans.

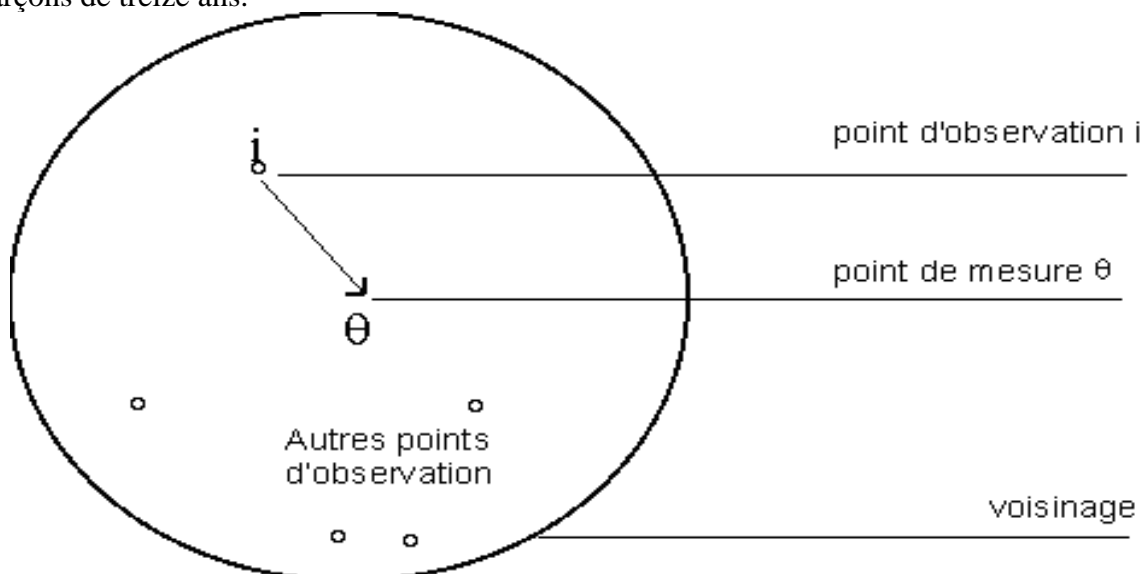


Fig. 3 : Point de mesure et points d'observation

Cette moyenne locale s'obtient en calculant d'abord le potentiel \bar{P}_θ du nombre de garçons de treize ans en un point de mesure .

$$\bar{P}_\theta = \sum_i f(d_{i\theta}) P_i$$

Ce potentiel est la somme des effectifs de garçons de treize ans pondérés par la fonction d'interaction spatiale choisie. On calcule ensuite le potentiel \bar{V}_θ du nombre d'années de retard totalisées par les garçons de treize ans. De la même façon

$$\bar{V}_\theta = \sum_i f(d_{i\theta}) V_i$$

On peut en déduire la moyenne locale \bar{Z}_θ pour l'indicateur considéré.

$$\bar{Z}_\theta = \bar{V}_\theta / \bar{P}_\theta$$

Cette moyenne locale permet alors de cartographier aisément, donnant des cartes au lissage d'autant plus fort que la portée de la fonction d'interaction spatiale est grande. Ces cartes représentent en quelque sorte la topographie du phénomène, le niveau local de retard scolaire en chaque point de l'agglomération. Suivant le même procédé, il est possible de faire dans ce même voisinage des mesures de la diversité locale telles que l'écart-type local ou le coefficient de variation local.

De la mesure de la diversité locale à la mesure des discontinuités

Disposer d'une mesure orientée du changement dans l'espace permet de rechercher des discontinuités. La discontinuité étant dans ce cadre méthodologique le lieu où l'on change brutalement de niveau (dans notre exemple, de niveau de retard scolaire), un indicateur approprié sera le vecteur d'hétérogénéité locale.

Pour le calculer, on va devoir calculer d'abord \vec{P}_θ le vecteur associé au potentiel de P mesuré en et \vec{V}_θ le vecteur associé au potentiel de V mesuré en .

\vec{P}_θ est la somme vectorielle définie par

$$\vec{P}_\theta = \frac{1}{\bar{P}_\theta} \sum_i f(d_{i\theta}) P_i \vec{1}_{i\theta} \quad \text{où } \vec{1}_{i\theta} \text{ est le vecteur normé de direction } (i, \theta)$$

$$\vec{V}_\theta = \frac{1}{\bar{V}_\theta} \sum_i f(d_{i\theta}) V_i \vec{1}_{i\theta}$$

de même

\vec{P}_θ nous permet de repérer en des "discontinuités locales d'élèves" et \vec{V}_θ des "discontinuités locales de retard scolaire". Les premières sont en elles-mêmes sans grand intérêt et les secondes sont fortement influencées par la masse des élèves. C'est pourquoi on construit finalement un indice d'hétérogénéité orientée : le vecteur standardisé $\vec{Z}_\theta = (\vec{V}_\theta - \vec{P}_\theta) / 2$ qui révèle les discontinuités liées uniquement au nombre d'années de retard, une fois retiré l'effet banal des disparités entre les effectifs des collèges.

Cet indice d'hétérogénéité orientée varie, par construction, entre 0 et 1. Un indice égal à 1 correspondrait à la situation suivante (Fig.4)

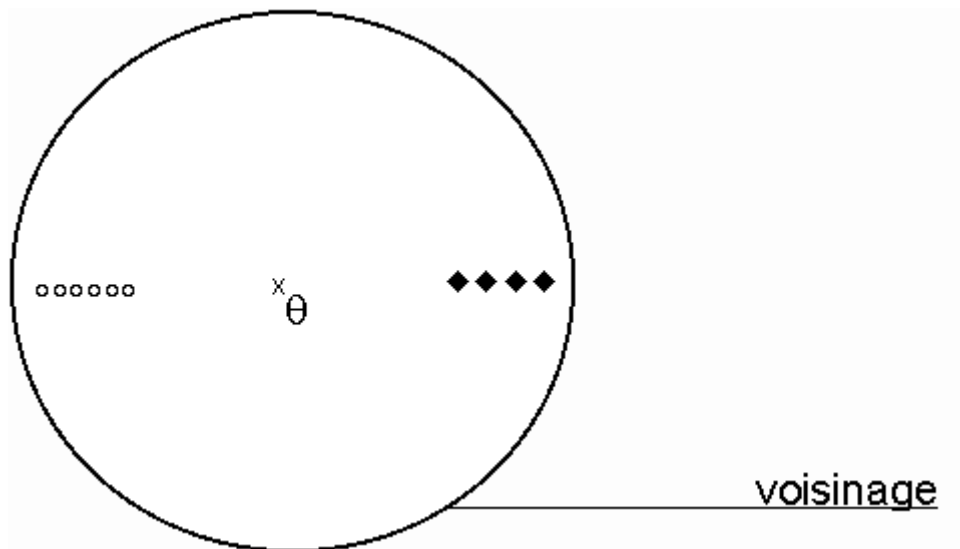
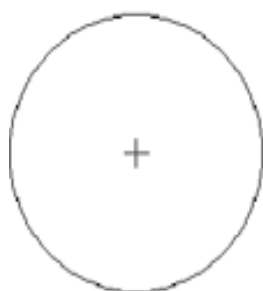


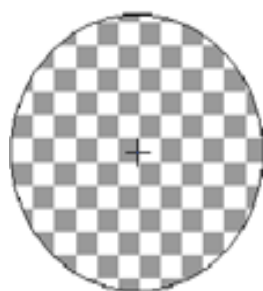
Fig. 4 : Indice d'hétérogénéité maximal

Cette situation théorique n'est évidemment pas réalisable dans le cas présent, car ici les élèves () et les années de retard (o) sont toujours localisés aux mêmes points: il ne peut exister d'années de retard sans élèves!

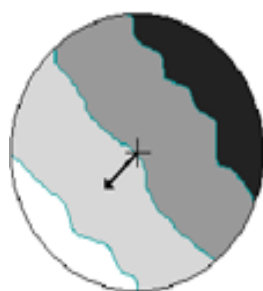
L'indice d'hétérogénéité orienté dépend, comme son nom l'indique, à la fois de la présence d'hétérogénéité dans l'espace environnant et de l'organisation spatiale de cette hétérogénéité (Fig. 5). Ainsi, une zone complètement homogène produira en un indice d'hétérogénéité orienté parfaitement nul. (Fig.5a). Réciproquement, un espace qui serait hétérogène, mais où la répartition des masses serait uniforme, produirait également un indice nul ou presque (fig. 5b). Il faut que l'hétérogénéité soit orientée par l'inégale répartition des masses, en d'autres termes que l'on soit en présence d'un gradient organisé, pour que l'indice d'hétérogénéité soit non nul (Fig.5c et Fig.5d). L'intensité de l'indice dépendra alors de la rapidité du gradient: le contact brutal de deux zones produira un indice très fort (Fig.5e). C'est précisément le cas où l'on peut parler de discontinuité entre deux espaces nettement différenciés.



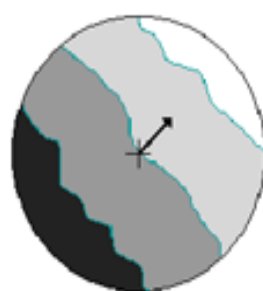
- a) Homogénéité parfaite
indice d'hétérogénéité orienté: nul



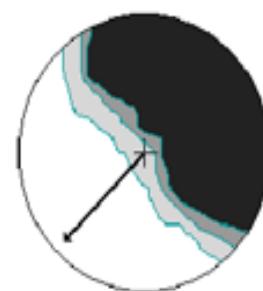
- b) Espace hétérogène, mais avec une répartition uniforme des masses
indice d'hétérogénéité orienté: nul



- c) Espace hétérogène, mais la répartition des masses est inégale et spatialement ordonnée
indice d'hétérogénéité orienté: fort



- d) Même type d'espace que ci-dessus, avec un indice de même intensité, mais le sens de la pente est inversé



- e) Le contact brutal de deux espaces très différents produit une discontinuité élémentaire
indice d'hétérogénéité orienté: très fort

(d'après Grasland)

Fig. 5 : Indice d'hétérogénéité orienté

La notion de discontinuité

On voit qu'il est possible de repérer des discontinuités d'une part dans un espace discret, à partir d'un indice de similarité ou de dissimilarité associé à un segment de contact entre deux mailles contiguës, et d'autre part, dans un espace continu, à partir d'un indice d'hétérogénéité orienté.

Dans une acception très large, la discontinuité¹² est ce qui sépare deux ensembles spatiaux voisins et différents. On peut distinguer la discontinuité élémentaire, construite sur un indicateur unique, qui est un indice utile mais fragile, et la discontinuité structurelle, superposition de nombreuses discontinuités élémentaires convergentes mesurées à partir d'un ensemble cohérent d'indicateurs. Cette dernière peut être définie comme la forme spatiale de la transition entre deux systèmes voisins¹³.

Les discontinuités peuvent être classées selon les types élémentaires dont leur forme se rapproche. La question de la forme des discontinuités est celle de l'organisation de l'hétérogénéité spatiale. Un espace parfaitement homogène est par définition exempt de discontinuités. Une certaine hétérogénéité spatiale est donc nécessairement associée à l'existence de discontinuités. On peut postuler qu'il n'est possible de conclure à l'existence d'une discontinuité que si une forme d'organisation spatiale, une «structure spatiale» au sens fort, est repérable. C'est un critère empirique possible pour repérer les discontinuités. On peut ainsi repérer des discontinuités ayant la forme de linéaments, mais aussi d'anneaux complets ou non. Toutefois un espace hétérogène sans ordre spatial observable, un espace morcelé, même de façon chaotique, ne saurait être assimilé à un espace homogène : même s'il n'y a pas de discontinuité spatialement organisée, il est probable que les discontinuités élémentaires, bien que disjointes, auront des conséquences notables sur les pratiques et les représentations des habitants.

A un échelon d'observation donné, on distingue la discontinuité linéaire, dans laquelle la limite se réduit à un seuil unique, et la discontinuité aréale, zone de transition comprise entre deux seuils (un seuil d'apparition et un seuil d'extinction par exemple). Ainsi, dans l'espace scolaire de l'agglomération parisienne, entre un «espace de réussite» et un «espace d'échec», on peut repérer des zones de transition, des «discontinuités aréales» encadrée par deux seuils : d'abord un seuil d'apparition du retard scolaire lourd (plusieurs années) signale que l'on quitte l'espace de réussite proprement dit ; puis un seuil d'extinction de l'avance scolaire indique que l'on pénètre dans l'espace d'échec dont celle-ci est absente. La simplicité de cet exemple ne doit pas faire perdre de vue le caractère complexe de la plupart de ces limites : si elles peuvent parfois être mises en évidence grâce à un seul indicateur, ce sont néanmoins les limites de systèmes spatiaux dont le fonctionnement repose sur de multiples interactions. Les seuils de divergence (Brunet, 1965), type particulier parmi ces limites, sont un exemple de cette complexité. Dans le cas de l'espace scolaire parisien, on observe une tendance générale à l'échelon de l'ensemble de la région étudiée : une diminution globale du niveau de retard scolaire associée à une augmentation de l'hétérogénéité locale induite. Le retard scolaire baisse, mais pas partout à la même vitesse : les contrastes locaux s'en trouvent donc momentanément accrus. Cette tendance est générale à l'échelon de l'ensemble de la région étudiée, à l'exception du sous-ensemble spatial qu'on peut désigner comme «l'espace d'échec scolaire» du nord de l'agglomération. Cet espace d'échec va ignorer cette évolution, voire même connaître une évolution divergente : sa limite sera donc marquée par un seuil de divergence.

Discontinuité et échelle géographique

Quelle que soit sa forme, la discontinuité est particulièrement sensible à l'échelle géographique. Le choix de l'échelle d'observation sera lourd de conséquences, car une discontinuité se mesure et prend sens à une échelle donnée, et peut changer d'intensité, voire de nature ou même disparaître si l'on fait varier l'échelle d'observation. En région parisienne, on peut évoquer par exemple le cas de la frontière communale entre Versailles et Viroflay. A l'échelle régionale, on n'y distingue pas de discontinuité significative de la structure sociale. A l'échelle locale, on observe une légère différence, la sur-représentation des catégories supérieures étant moins marquée à Viroflay: on a donc une faible discontinuité de Versailles vers Viroflay. A l'échelle micro-locale, la discontinuité est beaucoup plus nette, mais elle change de sens: du côté de Viroflay, la proximité de Versailles est valorisante et entraîne des prix fonciers élevés; a contrario, côté Versailles, la proximité de Viroflay est sans effet, mais l'éloignement du centre-ville est important; celui-ci, associé à une urbanisation relativement tardive, a permis la construction de nombreux logements sociaux... Cette configuration paradoxale s'explique aisément si l'on considère la superposition de logiques géographiques de portées différentes. La structuration spatiale interne du territoire de la commune de Versailles (logements sociaux construits en périphérie de la commune, là où la densité du bâti était plus faible) se superpose à une logique d'ensemble, fonction de la distance au centre secondaire que constitue Versailles dans ce secteur de l'agglomération, et à une logique régionale qui découpe l'espace social de l'agglomération selon le modèle sectoriel de Hoyt, singularisant une banlieue sud-ouest cossue.

Parmi les discontinuités, celles qui, contrairement à l'exemple ci-dessus, sont invariantes à l'échelle d'observation, sont généralement les plus brutalement ressenties par les habitants : c'est par elles que l'on passe d'un «monde» à l'autre. Une analyse de l'intensité des discontinuités dans un espace donné ne saurait donc faire l'économie d'un examen multi-scalaire.

Discontinuité d'organisation

La notion de ressemblance, on l'a vu, ne s'applique pas seulement aux structures sociales, mais aussi aux structures spatiales. Il est donc possible de s'attacher à repérer des discontinuités dans la structure spatiale et non plus seulement dans la structure sociale. Ces discontinuités «secondes», qu'on peut appeler «discontinuités d'organisation», sont pertinentes dans la mesure où l'hétérogénéité spatiale locale est un élément constitutif d'un système. On connaît de nombreux exemples de systèmes spatiaux basés sur l'hétérogénéité interne (certains systèmes agraires) alors même que cette hétérogénéité n'admet pas nécessairement d'organisation spatiale ordonnée. La fin de cette hétérogénéité peut donc marquer la limite de l'extension spatiale du système. On voit que le passage d'une zone homogène à une zone hétérogène peut constituer une discontinuité repérable, à condition bien sûr de pouvoir diminuer l'échelle d'observation (prendre du recul).

Discontinuité structurelle

Si on rajoute plusieurs dimensions au tableau de données décrivant les dissemblances entre lieux voisins, on peut vérifier s'il existe une discontinuité structurelle, c'est à dire est-ce qu'il existe une limite de forme simple (anneau, linéament) résultant de la combinaison de nombreuses variables décrivant la structure sociale des lieux. On peut le mesurer «a posteriori» par des traitements multivariés sur des lieux qui sont des mailles ou des points de mesure, ou, mieux encore, le mesurer directement sur ces lieux qui sont des limites¹⁴ : les segments de contact dans un espace discret, les zones de contact dans un espace continu. Ces discontinuités structurelles marquent très souvent la limite des systèmes spatiaux: on peut les

considérer alors comme ce qui sépare deux espaces qualitativement différents. Il est prudent cependant de vérifier que les "systèmes spatiaux" que l'on pense avoir circonscrits ont bien des fonctionnements autonomes: il peut s'agir également de sous-ensembles spatiaux parfaitement intégrés dans un système englobant. Si c'est le cas, les discontinuités structurelles présentent généralement une assez grande stabilité dans le temps.

La discontinuité et le temps

Dans la mesure où il est extrêmement peu probable que des combinaisons aléatoires puissent donner lieu à des formes lisibles et persistantes, on peut poser en principe qu'une structure spatiale persistante indique l'existence d'un système. Comme l'écrit F.Durand-Dastès (1984) «*Si une forme spatiale, une localisation est observée fréquemment et qu'elle présente une certaine pérennité, c'est qu'elle correspond au fonctionnement d'un système doté de propriétés homéostatiques.*». La persistance au cours du temps de la localisation et de la forme d'une discontinuité observée est donc un indice précieux sur l'existence et le fonctionnement d'un système spatial. Réciproquement, la lisibilité et la pérennité des formes observées sont aussi une garantie contre le risque d'artefact, risque non négligeable quand il s'agit d'observer des discontinuités élémentaires dont la mesure est basée sur un seul indicateur.

On observe en outre de nombreuses interactions entre les discontinuités et le devenir du système. En l'absence de barrière, par exemple, les différences de voisinage auront tendance à s'autoréguler: au-delà d'une certaine intensité, il devient plus avantageux de franchir la discontinuité que de la subir. Les exemples ne manquent pas de ces discontinuités d'autant plus fragiles qu'elles sont spectaculaires. Il en est ainsi par exemple de la discontinuité des prix immobiliers entre la commune centre d'une agglomération et les communes limitrophes: celle-ci a généralement tendance à croître jusqu'à atteindre le seuil auquel l'attrait exercé par la différence de prix devient supérieur au coût psychologique ou physique du franchissement de la limite. La discontinuité s'atténue alors rapidement. Réciproquement, la présence de barrières peut aboutir à des évolutions divergentes des espaces, allant jusqu'à la formation de nouveaux systèmes autonomes par spéciation allopatrique¹⁵.

Conclusion: pourquoi s'intéresser aux formes des discontinuités?

On peut penser qu'il est utile de s'intéresser aux formes des discontinuités parce que la configuration spatiale des discontinuités influence leur devenir et, donc, celui des systèmes qu'elles circonscrivent. Cette évolution "endogène" des discontinuités est liée en grande partie à l'action des barrières. En effet les discontinuités les plus intenses, les plus durables, les mieux organisées constituent soit des barrières filtrantes très peu perméables, soit des barrières dissuasives. De part et d'autre de ces barrières se développent les processus caractéristiques des interfaces: avec la notion de "bon" et de "mauvais" côté, l'avantage ou le désavantage de localisation d'un lieu n'apparaît pas seulement lié à la composition sociale de son environnement immédiat, mais aussi à sa position relative par rapport à ces discontinuités structurelles qui sont aussi des barrières. L'analyse des discontinuités doit alors permettre de montrer non seulement la projection dans l'espace des inégalités sociales, mais encore l'existence de ce que l'on pourrait appeler des inégalités spatiales au sens strict, des inégalités entre les lieux toutes choses égales quant à leur structure sociale.

ASCHAN C., 1998, *La résilience d'un système spatial: l'exemple du Comtat*, Thèse, Université PARIS I-Panthéon-Sorbonne, 399 p.

BEGUIN M., PUMAIN D., 1994, *La représentation des données géographiques*, Paris, Colin, 192 p.

BEGUIN H., 1979, *Méthodes d'analyse géographique quantitative*, Paris, Litec, 252 p.

BRUNET R., 1965, *Les phénomènes de discontinuité en géographie*, Thèse complémentaire de Doctorat d'Etat, Université de Toulouse, 304 p.

BRUNET, R., FERRAS R., THERY H., 1992, *Les mots de la géographie*, Montpellier/Paris, Reclus-La Documentation Française, 470 p.

BRUNET R., FRANCOIS J.-C., GRASLAND C., 1997, "Entretien avec Roger Brunet: La discontinuité en géographie ; origines et problèmes de recherche", *L'Espace Géographique*, 4, 297-308.

CATTAN N., GRASLAND C., 1994, "Transition, fragmentation, recomposition : la Tchéco-Slovaquie en 1992", *Sociétés, Espaces, Temps*, 1, 97-120.

CLIFF A. D., ORD J.K., 1973, *Spatial autocorrelation*, London, Pion.

CHARRE J., 1995, *Statistique et territoire*, Montpellier, Reclus, 120 p.

DAUPHINE A., VOIRON-CANICIO C., 1988, *Variogrammes et structures spatiales*, Montpellier, Reclus Mode d'emploi, n° 12, 56 p.

DECROLY J.M., GRASLAND C., 1997, "Spatial autocorrelation and belonging autocorrelation : some theoretical proposals and their application to the distribution of fertility in Europe in 1980", *Gerum Kulturgeografi*, in : HOLM E. (ed.), *Modelling Space and Network : Progress in Theoretical and Quantitative geography* [Proceedings from the 7th European Colloquium on Theoretical and Quantitative Geography in Stockholm Sept. 5-8 1991], 193-220

DURAND-DASTES F., 1984, "La question où ? et l'outillage géographique", *Espaces Temps*, 26/27/28, 8-21

FRANCOIS J.-C., 1995, *Discontinuités dans la ville : l'espace des collèges de l'agglomération parisienne*, Thèse, Université PARIS I-Panthéon-Sorbonne, 276 p.

FRANCOIS J.C., 1998, "Discontinuités territoriales et mise en évidence de systèmes spatiaux", *L'Espace Géographique*, n°1-1998,

GAY J.C., 1995, *La discontinuité spatiale*, Paris, Economica, 112 p.

GRIMMEAU J.P., 1977, "Cartographie par plages et discontinuités spatiales", *L'Espace Géographique*, 1, 49-58

GRIMMEAU J.P., 1994, "Les migrations et la frontière linguistique en Belgique", *Espace Population Sociétés*, 2, 25-58.

GRASLAND C., 1992, *Analyse des couples de lieux et modélisation en géographie*, Gépoinet, Groupe Dupont, 97-105.

GRASLAND C., 1994, "Limites politiques et barrières migratoires : l'exemple de l'ex Tchécoslovaquie (1965 - 1989)", in GALLUSER W.(ed.), *Political boundaries and coexistence*, IGU-Symposium, Basel, May 1994, 425-440.

GRASLAND C., MATHIAN H., 1993, "Some applications of neighbourhood analysis: potential, map generalisation, cartography of discontinuities", communication au Huitième colloque de géographie théorique et quantitative, Budapest 12-16 septembre 1993, 23 p.

GRASLAND C., 1997, *Contribution à l'analyse géographique des maillages territoriaux*, Mémoire d'habilitation, Université Paris I, 371 p.

GRASLAND C., 1998, "La composante d'échelle dans l'analyse des distributions spatiales" – *Revue Belge de Géographie*, 122^e année, fasc., 4, 435-460

GUERMOND Y., LAJOIE G., 1999, "De la mesure en géographie sociale", *L'Espace Géographique*, 1, 84-90

HAGGETT P., 1973, *L'analyse spatiale en géographie humaine*, Paris, Colin, 390 p.

HAGOOD, M.J., 1943, "Statistical methods for delimitation of regions applied to data on agriculture and population", *Social Forces*, 21, 288-297

MATHERON G., 1965, *Les variables régionalisées et leur estimation*, Paris, Masson, 305 p.

PUMAIN D., SAINT-JULIEN T., 1997, *L'analyse spatiale (2 vol.)*, Paris, Colin, 167 p.

PUMAIN D., SAINT-JULIEN T., 2001, *Les interactions spatiales*, Paris, Colin, 191 p.

ROBERT D., 1997, "Les échanges économiques dans l'Europe des quinze depuis 1973. L'effet frontière dans les modèles d'interaction spatiale", in : Actes des 3ème Rencontres Théo-quant, Besançon, 191-206.

SANDERS L., 1989, *L'analyse des données appliquée à la géographie*, Montpellier, G.I.P. Reclus, 268 p.

¹«individu» s'entend ici au sens statistique : l'individu est localisé, le plus souvent il s'agit d'un agrégat (de lieux, de personnes).

²Pour un cadrage général voir Béguin & Pumain, pour les conséquences sur la représentation des discontinuités géographiques voir Grimmeau (1977).

³Les problèmes méthodologiques liés à l'usage des unes ou des autres ont été abondamment commentés dans la littérature. On pourra se reporter par exemple aux ouvrages de base de H.BEGUIN (1979), L.SANDERS (1990), et J.CHARRE (1995).

⁴«territoire» au sens d'espace approprié, donc délimité : il s'agit d'une «maille».

⁵GRASLAND, 1994

⁶Il est possible de croiser les deux effets – l'effet (discret) de la distance topologique (contiguïtés) et l'effet (continu) de la distance euclidienne. Par souci de clarté, ils sont présentés ici séparément.

⁷Pour plus de détails voir le récent recensement des indices de ségrégation par Apparicio (2000)

⁸On considère le plus souvent des lieux voisins, mais rien n'empêche d'étudier la ressemblance entre lieux éloignés.

⁹Respectant scrupuleusement les valeurs réelles connues aux points d'observation, elles sont particulièrement sensibles aux exceptions locales.

¹⁰Grasland (1998) va jusqu'à considérer la carte choroplèthe comme un cas particulier de lissage où le voisinage est une maille administrative.

¹¹Pour les avantages théoriques et pratiques du lissage par rapport de potentiels, voir Grasland (1997) p.194-195

¹²Ces éléments de définition figurent dans la fiche «Discontinuité» consultable dans le lexique de Cybergéo.

¹³On peut qualifier la discontinuité de *frontière* quand il y a appropriation des espaces et reconnaissance «juridique» de la limite. On parle de *barrière* quand la discontinuité est associée à une perturbation notable des flux ; la barrière peut avoir une empreinte physique observable (mur, fossé...), mais ce n'est pas toujours le cas.

¹⁴Voir François, 1998

¹⁵Voir l'article «Discontinuité» de R.Brunet dans «*Les mots de la géographie*»

© cybergeog

13 mai 2002